

4

Corr US 2002/0164135A

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-229080

(P2002-229080A)

(43) 公開日 平成14年8月14日 (2002.8.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 2 F 1/35

G 0 2 F 1/35

2 K 0 0 2

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

M 5 K 0 0 2

10/18

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願2001-22220 (P2001-22220)

(22) 出願日

平成13年1月30日 (2001.1.30)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 忠隈 昌輝

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 麻生 修

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100090022

弁理士 長門 侃二

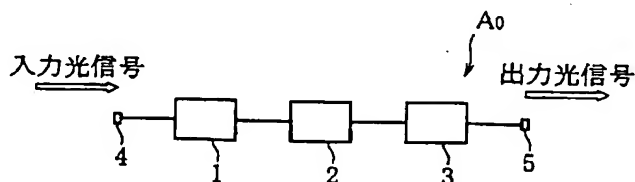
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光パルス波形変換器、それを備えた光パルス光源

(57) 【要約】

【課題】 伝送信号である光パルスのパルス波形の整形、パルス幅の圧縮、波長スペクトルの変換を同時に実現することができる光パルス波形変換器を提供する。

【解決手段】 光パルスに非線形効果を与える非線形媒体1と、光パルスに分散効果を与える分散媒体2と、光パルスの波長スペクトル形状を変化させる波長選択素子3とが配置されている光パルス波形変換器。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光パルスに非線形効果を与える非線形媒体と、光パルスに分散効果を与える分散媒体と、光パルスの波長スペクトル形状を変化させる波長選択素子とが配置されていることを特徴とする光パルス波形変換器。

【請求項 2】 前記非線形媒体と前記分散媒体として、非線形係数と分散特性がそれぞれ異なる光ファイバを用いる、請求項 1 の光パルス波形変換器。

【請求項 3】 前記非線形媒体として、非線形係数が  $5.0 \text{ W}^{-1} \text{ km}^{-1}$  以上である高非線形光ファイバを用いる請求項 2 の光パルス波形変換器。

【請求項 4】 前記非線形媒体と前記分散媒体とが、交互に配置されている請求項 1～3 のいずれかの光パルス波形変換器。

【請求項 5】 前記非線形媒体、前記分散媒体、および前記波長選択素子で形成されている光伝送路のいずれかの少なくとも 1 箇所に、光パルスの強度を増幅させる光増幅器が少なくとも 1 個配置されている、請求項 1～4 のいずれかの光パルス波形変換器。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれかの光パルス波形変換器の入力信号部に変調信号光源が配置されていることを特徴とする光パルス光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光パルス波形変換器とそれを用いた光パルス光源に関し、更に詳しくは、伝送する信号光のパルス波形を整形して、伝送に最適なパルス幅と波長スペクトルに変換することができる光パルス波形変換器と、それを用いた光パルス光源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】情報通信分野の自由化と情報化社会の発展により、通信情報量は飛躍的に増大する傾向にある。そして、最近では、信号光を直接増幅する E r ドープファイバ増幅器 (Erbium-doped Fiber Amplifier: EDFA) が実用化されるに及んで、波長 1550nm 帯域では高強度の光信号が得られ、そのことにより、光伝送路である光ファイバにおける伝送損失が補償され、数千 km にも及ぶ無中継伝送が可能になっている。そして、この光増幅技術を利用して、波長分割多重 (Wavelength Division Multiplex: WDM) 通信方式や時分割多重 (Time Division Multiplex: TDM) 通信方式の研究が進められている。

【0003】これらの通信方式のうち、とくに、光ソリトン通信方式は、光ファイバが備える非線形性を積極的に利用することにより、大容量情報の長距離伝送が可能であり、次世代の TDM 通信方式として注目を集めている。この光ソリトン通信方式は、光パルスが光ファイバの中を伝搬する際に、光パルスに対する非線形効果の影響と分散の影響が均衡することにより、当該光パルスはそのパルス波形を維持したまま伝搬するという特性を利

用した通信方式である。

【0004】そして、この光ソリトン通信方式で伝送容量を増大させようとした場合には、パルス幅が狭く、また時間的に密なパルス列を光信号として伝送することが必要となる。また最近では、分散の異なる光ファイバを組み合わせる光伝送路を形成し、その光伝送路全体における分散と非線形効果を考慮して信号光の伝送品質を向上させる分散補償ソリトン伝送が注目を集めている。

【0005】ところで、光ソリトン通信方式のような TDM 通信方式において、伝送容量の増大や、分散が関与するパルス波形の劣化などの問題に対応するためには、パルス幅を狭くすることができ、また波長選択が可能である光パルス光源や、光伝送路の途中でパルス幅の制御が可能であり、また光波長を最適波長に制御できる装置を組み込むことが有効である。このような装置が組み込まれることにより、光伝送路の途中での分散を回避したり、同一の光伝送路で複数波長の伝送 (WDM 伝送) を実現することができるからである。更には、パルス幅を狭くすることによりパルス間隔を拡げ、そこに別のパルス信号を導入することができる。そのことにより、時間的に光信号の多重化が可能になり、もって伝送容量の増大を実現することができる。

【0006】ところで、伝送する光信号の波長を変換する方法としては、光-電気変換器で光信号を一旦電気信号に変換し、その電気信号で発信波長が異なる別のレーザ素子などの光源を駆動する方法がある。しかしながら、この方法には、運転コストが高く、またパルス幅の制御が行いづらいなどの難点がある。一方、信号光の波長を直接変換する方法としては、半導体増幅器を用いた方法 (R. Ludwig et al, Fiber and Integrated Optics Vol. 15, 1996, pp. 211~223などを参照) や、光ファイバの非線形性を利用した方法 (S. Watanabe, S. Takeda and T. Chikawa, ECOC'98PD, 1998, p. 85などを参照) が知られている。

【0007】これらの方法は、光伝送媒体が有している非線形性を利用することにより、四光波混合現象に基づいて生ずるアイドラー光を、波長変換した信号光として得る方法である。しかしながら、この方法の場合には、入力信号光と異なる波長を有する励起光を非線形性の光伝送媒体に伝搬させることが必要であり、更に所望する波長の変換波長の信号光を得るためには、四光波混合時の位相整合条件を満たすように励起光の波長を調整することが必要になるという問題がある。また、前者の半導体増幅器を用いた場合には、S/N 比が小さいという問題もある。

【0008】このように、従来技術においては、信号光のパルス幅と波長を、同時に、所望する値に制御することはかなり困難であるという問題がある。一方、パルス波長を時間的に整形する方法には、ソリトンパルスの断熱圧縮効果を利用する方法をはじめとして、数多くの方

法が提案されている (G. P. Agrawal, "Nonlinear Fibre Optics, 2ndED.", Academic Press, San Diego CA, U. S. A., 1995, chap. 6などを参照)。

【0009】しかしながら、これらの方法の場合、パルス波形の整形と波長変換を同時に行うことは困難であるという問題がある。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来技術における上記した問題を解決し、入力信号光のパルス幅の変換、パルス波形の整形、そして波長変換を同時に実現することができ、もって入力信号光を伝送に最適な特性を有する光パルスに整形することができる光パルス波形変換器と、それを用いた光パルス光源の提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明においては、光パルスに非線形効果を与える非線形媒体と、光パルスに分散効果を与える分散媒体と、光パルスの波長スペクトル形状を変化させる波長選択素子とが配置されていることを特徴とする光パルス波形変換器が提供される。

【0012】具体的には、前記非線形媒体と前記分散媒体として、非線形係数と分散特性がそれぞれ異なる光ファイバを用い、その場合、前記非線形媒体として、非線形係数が  $5.0 \text{ W}^{-1} \text{ km}^{-1}$  以上である高非線形光ファイバを用いる光パルス波形変換器、前記非線形媒体と前記分散媒体とが、交互に配置されている光パルス波形変換器、前記非線形媒体、前記分散媒体、および前記波長選択素子で形成されている光伝送路のいずれかの少なくとも1箇所、光パルスの強度を増幅させる光増幅器が少なくとも1個配置されている光パルス波形変換器が提供される。

【0013】また、本発明においては、上記した光パルス波形変換器の入力信号部に変調信号光源が配置されていることを特徴とする光パルス光源が提供される。

【0014】

【発明の実施の形態】まず、図1に本発明の光パルス波形変換器の基本構成の1例A<sub>0</sub>を示す。図1において、変換器A<sub>0</sub>は、光パルスに非線形効果を与える非線形媒体1と、光パルスに分散効果を与える分散媒体2と、光パルスの波長スペクトル形状を変化させる(所望する波長域のスペクトル成分を選択する)波長選択素子3とを直列に光接続して構成されている。そして入力信号部4に入力した入力信号光が上記構成の変換器A<sub>0</sub>を通過したのち、出力信号部5から出力信号光となって出力していく。

【0015】この変換器A<sub>0</sub>の場合、非線形媒体1を透過する過程で入力信号光である光パルスの時間幅(パルス幅)が圧縮され、ついで分散媒体2を透過する過程で波長スペクトルが広帯域に広がり、そして最後に波長選

択素子3により、広帯域の波長スペクトルから所望する波長域のスペクトル成分が選択され、それが出力信号として出力されていく。

【0016】この状態を以下に、図2～図7で示す。

今、図2で示すような時間波形と図3で示すような波長スペクトルを有する入力信号光(光パルス)が入力信号部4から変換器A<sub>0</sub>に入力したとする。この光パルスが非線形媒体1と分散媒体2を順次透過すると、まず、非線形媒体1による非線形効果を受けて、光パルスの波長スペクトルが広帯域に広がり、また分散媒体3による分散効果を受けて光パルスの時間幅が圧縮され、その結果、図4と図5で示したような光パルスおよび波長スペクトルになる。

【0017】そして、上記した光パルスが波長選択素子3を透過すると、図5の波長スペクトルから所望波長域のスペクトル成分が選択され、また図4で示したパルス幅も整形されて、図6で示したようなパルス幅と図7で示した波長域の光パルスが得られる。すなわち、入力信号光は、この変換器A<sub>0</sub>を透過することにより、パルス幅の圧縮、パルス波形の整形、および波長変換が同時に実現された出力信号光に転換する。

【0018】なお、図1の変換器A<sub>0</sub>は非線形媒体1と分散媒体2と波長選択素子3の各要素をこの順序で光接続した構成のものであるが、これら各要素の接続順序は必ずしもこれに限定されるものではない。例えば、入力する光パルスが波長の時間的変化(チャープ)を有する場合には、非線形媒体1と分散媒体2を逆順に光接続し、光パルスをまず分散媒体2に透過させてそのチャープを補償し、ついで非線形媒体1に伝搬させて波長スペクトルを広げ、その後、波長選択素子3で所望波長域のスペクトルを選択することもできる。

【0019】また、変換器A<sub>0</sub>は、上記した各要素を1つずつ用いて構成したものでもよく、例えば図1で示した構成を2段以上接続して、異なる光パルスの整形が可能となる態様にしてもよい。更には、上記した各要素がそれぞれ単独で機能する要素でなくともよく、例えばチャープドファイバブラッググレーティングのように、分散効果を与えかつ波長選択機能を有する素子が配置されていてもよい。その場合の変換器は、図1の変換器A<sub>0</sub>の場合よりも構成点数を減らすことも可能になるが、全体としては、光パルスに対する非線形効果と分散効果、および波長選択効果を有していることに変わりはない。

【0020】図8に、本発明の光パルス変換器の具体例A<sub>1</sub>を示す。この変換器A<sub>1</sub>は、非線形媒体1と分散媒体2として、非線形係数と分散特性が互いに異なっている光ファイバを用いて構成したものである。具体的には、非線形媒体として1550nm帯域ゼロ分散シフトファイバ(DSF)1A、分散媒体として1300nm帯域ゼロ分散シフトファイバ(SMF)2Aが用いられている。

10

20

30

40

50

そして、両者の特性を対比すると、前者のDSF1Aの非線形係数 $\gamma$  ( $\gamma = 2\pi/\lambda n_2/A_{\text{eff}}$ ,  $\lambda$ は波長、 $n_2$ は非線形屈折率、 $A_{\text{eff}}$ は有効断面積を表す)は後者のSMF2Aより大きく、かつ分散は後者のSMF2Aより小さくなっている。

【0021】したがって、DSF1Aでは、光パルスに対して分散効果よりも非線形効果が支配的に作用し、逆にSMF2Aでは、分散効果の影響が大きい。このようなことから、変換器A<sub>1</sub>の場合、光パルスはDSM1Aで波長スペクトルが広帯域に広がり、SMF2Aで時間幅が圧縮され、そして波長選択素子3で所望する波長域のスペクトル成分が選択されて、最終的には、パルス幅が整形され、求める波長の光パルスを得ることができる。

【0022】なお、この変換器A<sub>1</sub>において、波長選択素子3は、図8で示したように、出力信号部5の直前に配置されることに限定されるものではなく、例えばDSF1AとSMF2Aの間に配置されていてもよい。この変換器A<sub>1</sub>は、非線形媒体と分散媒体の双方に例えば上記した特性の光ファイバを用いているので、全体として、伝送損失が少なくなるという効果を奏する。

【0023】図9は、上記した変換器A<sub>1</sub>の変形例A<sub>2</sub>を示す。この変換器A<sub>2</sub>は、変換器A<sub>1</sub>におけるSMF2A(分散媒体)に代えてチャープドファイバグレーティング6を用いたものである。すなわち、DSF1Aとチャープドファイバグレーティング6を光サーキュレータ7を介して接続し、その構造を2段連結したものである。

【0024】ここで、チャープドファイバグレーティング6は、分散媒体として機能をすると同時に波長選択素子としても機能する。したがって、入力信号部4から入力した光パルスは、この変換器A<sub>2</sub>から出力すると、パルス幅が整形され、求める波長の光パルスに転換する。なお、図8で示した変換器A<sub>1</sub>において、DSF1Aに代えて、例えば、表1で示す特性を有する高非線形光ファイバを用いることが好適である。

【0025】

【表1】

特性項目	値
伝送損失	0.61dB/km
ゼロ分散波長( $\lambda_0$ )	1565.5nm
分散スロープ	0.029ps/nm <sup>2</sup> /km
非線形係数( $\gamma$ )	13.8W <sup>-1</sup> km <sup>-1</sup>

【0026】通常の1550nm帯域ゼロ分散ファイバの $\gamma$ 値は2.5W<sup>-1</sup>km<sup>-1</sup>程度であるが、上記した高非線形光ファイバ(1550nm帯域ゼロ分散ファイバ)の $\gamma$ 値は5倍程度大きくなっている。したがって、上記した変換器の場合、このような高非線形光ファイバを非線形媒体1Aとして用いることにより、通常の光ファイバを用いたときに比べてそのファイバ長を短くしても、必要な

非線形効果を光パルスに与えることができる。このように、高非線形光ファイバを用いて全体のファイバ長を短くすると、変換器全体の構成の簡略化が可能となり、伝送される光パルスの偏波状態が小さくなり、また伝送損失も少なくなる。その結果、この変換器は、光パルスが分散媒体を透過した時点で、偏波分散の影響が小さく、大きく広帯域になった波長スペクトルの光パルスを発生させることができる。

【0027】図10は、本発明の変換器の別の例A<sub>3</sub>を示す。この変換器A<sub>3</sub>は、非線形媒体および分散媒体として、それぞれ異なる非線形性と分散特性を有する光ファイバを交互に複数(図では全体で6個)配置し、それら全体の後段に波長選択素子3を配置して構成したものである。具体的には、光ファイバ1a、1b、1cが非線形媒体として機能し、光ファイバ2a、2b、2cが分散媒体として機能するように設計されている。

【0028】ここで、上記した変換器A<sub>3</sub>の挙動に関する説明に先立ち、非線形係数と分散特性が互いに異なる2種類の光ファイバを交互に配置して形成した光伝送路における光パルスのパルス幅や波長スペクトルの変化について説明する。なお、図10の変換器A<sub>3</sub>では用いる光ファイバは6個になっているが、ここでは、4個の場合について説明する。

【0029】図11は、分散特性が異なる2種類の光ファイバを、異なるファイバ長で接続した光伝送路を示す。具体的に、光ファイバ1a、1bはDSFであり、光ファイバ2a、2bはSMFである。このような構成は、櫛形分散配置ファイバ(Comb like dispersion profiled fiber: CDPF)と呼ばれるものである(S.V. Chernikov et al., Electron Lett., 29, p1778, 1993を参照)。

【0030】この光伝送路に、今、2個のレーザ光を重ね合わせた波長1550nmのビート光(光パルス)を入射した場合を考える。この場合には、DSF1a、1bで与えられる非線形効果と、SMF2a、2bにおけるチャープ補償がパルス変形の要因になるが、DSF1a、1bにおける非線形効果を特定することは困難であるため、ここでは定性的に考察する。

【0031】今、入力する光パルスが、図12で示すような時間波形と、図13で示すような波長スペクトルを有するものとする。この光パルスが1段目のDSF1aを透過すると、2波長の光パルス間での四光波混合により、その波長スペクトルは、図15で示したように、側帯波が生成したものになる。そして、このことによってチャープングが発生する。このとき、時間波形は図14で示したとおりであり、これは図12と同じ時間波形のままである。

【0032】ついで、1段目のSMF2aにおいては、図14と図15で示される伝送光パルスには異常分散効果が与えられて、光パルスの立ち上がり部および立ち下

がり部のチャージングが補償されることにより、図 16 で示したように、パルス幅が狭くなる。このとき、波長スペクトルは図 17 で示したとおりであり、これは図 15 と同じ波長スペクトルのままである。

【0033】SMF 2a から出力した光パルスは、2 段目の DSF 1b に入力するが、パルス幅が圧縮されたこの光パルスは光パワーのピーク値が高くなっている。したがって、2 段目の DSF 1b では、自己位相変調 (SPM) が要因となる非線形効果が光パルスに与えられて、光パルスの立ち上がり部ではダウンチャージング、光パルスの立ち下がり部ではアップチャージングがそれぞれ発生し、その波長スペクトルは、図 19 で示したように、広帯域に広がる。このとき、時間波形は図 18 で示したとおりであり、これは図 16 と同じ時間波形のままである。

【0034】そして、この光パルスは、2 段目の SMF 2b でチャージングが補償され、パルス幅は圧縮されて、図 20 で示したような時間波形になる。このとき、波長スペクトルは図 21 で示したとおりであり、これは図 19 と同じ広帯域に広がったままである。このように、この光伝送路においては、入力した光パルスは順次そのパルス幅が狭くなっていく。また同時に、パルス幅が狭くなるに伴い、波長スペクトルとしては広帯域に広がっていく。

【0035】したがって、広帯域に広がった波長スペクトルからは、所望する波長域のスペクトル成分を選択することが可能になる。このように、この光伝送路の場合、時間波形を形成する波形整形部として特殊な分散構造を有する光ファイバ（例えば光伝搬方向に分散が減少していく分散減少ファイバ）を使用しなくても、時間波形を整形する波形整形部を構成することができ、また、光ファイバの組合せに関しても、それら光ファイバの有する分散や入力する光パルスの仕様（例えば、光パワー、パルス幅、パルス周期など）との関係でファイバ長を調整して対応することができる。

【0036】図 10 で示した変換器 A<sub>3</sub> は、以上説明した光伝送路の挙動を利用するものである。すなわち、変換器 A<sub>3</sub> の SMF 2c から出力した光パルスは、そのパルス幅が狭く、また波長スペクトルは広帯域に広がっている。したがって、その広帯域に広がった波長スペクトルから所望する波長域のスペクトル成分を波長選択素子 3 で選択することにより、この変換器 A<sub>3</sub> からは、パルス幅が整形され、求める波長の光パルスを得ることができる。

【0037】なお、変換器 A<sub>3</sub> の場合は、非線形媒体および分散媒体として光ファイバを用いているが、光ファイバに代えてこれら媒体と同じような効果を光パルスに与える光伝送媒体を交互に配置してもよい。そして、これら媒体の組合せによる光伝送路の中に波長選択素子を組み込むことにより、波長スペクトルの制御も可能にな

る。その場合、波長選択素子を組み込む位置と個数は、所望する波長スペクトルとの関係で任意に設定すればよい。

【0038】図 22 に、本発明の変換器の他の例 A<sub>4</sub> を示す。この変換器 A<sub>4</sub> は、図 10 で示した変換器 A<sub>3</sub> の 1 段目の非線形媒体 (DSF) 1a と入力信号部 4 の間に光増幅器 8 を配置した構成になっている。この変換器 A<sub>4</sub> では、入力信号部 4 に入力した光パルスは、光増幅器 8 でその光パワーが増大し、ついで、高光パワーの光パルスは、非線形媒体入力部 9 から既に説明した光伝送路に伝搬して非線形効果と分散効果を受け、分散媒体出力部 10 から出力して、パルス幅が狭く、波長スペクトルが広帯域に広がっている光パルスに転換し、そしてその光パルスから所望する波長域のスペクトル成分が波長選択素子 3 で選択される。

【0039】この変換器 A<sub>4</sub> の具体的な挙動例を以下に説明する。まず、1550nm 帯域 DSF と 1300nm 帯域 SMF を用い、また光増幅器として Er ドープ光ファイバアンプ (EDFA) を用いて変換器 A<sub>4</sub> を組み立てた。そして、入力信号部 4 に 1550nm のビート光を入力し、光増幅器 8 で増幅した。非線形媒体入力部 9 に入力する光パルスの自己相関波形と波長スペクトルを図 23 と図 24 にそれぞれ示す。図から明らかなように、この光パルスのパルス周期は約 100GHz、パルス自己相関幅は 3ps 程度であり、中心波長は 1560nm である。

【0040】また、分散媒体出力部 10 から出力した光パルスの時間波形と波長スペクトルを、図 25 と図 26 にそれぞれ示す。図 25 と図 26 から明らかなように、入力した光パルスは圧縮されてその自己相関幅が 3ps から 0.46ps へと狭くなり、また波長スペクトルも大幅に広がっている。

【0041】そして、波長選択素子 3 で中心波長 1550nm においてスペクトル成分を選択した。そのときの光パルスの自己相関波形と波長スペクトルを図 27 と図 28 にそれぞれ示す。なお、波長選択素子 3 は、広帯域の波長スペクトルから所望する波長域のスペクトル成分を選択すると同時に、光増幅器 8 を使用したときに発生する ASE (amplified spontaneous emission) 雑音を除去するという効果を奏する。

【0042】図 27 から明らかなように、光パルスのパルス幅は 1.4ps になっていて、図 25 で示した圧縮直後よりも広がっているが、図 23 で示した入力光パルスのパルス幅に比べれば、確実にパルス幅の圧縮は達成されている。そして、中心波長は 1550nm であり、波長変換も実現している。このように、変換器 A<sub>4</sub> は、単にパルス幅を圧縮するだけではなく、所望する波長域のスペクトル成分を選択して伝送光パルスを最適化し、更にはその雑音成分を除去できるという効果を奏することができる。

【0043】図 29 に、別の変換器の例 A<sub>5</sub> を示す。こ

の変換器A<sub>5</sub>は、図22で示した変換器A<sub>1</sub>において、2段目のSMF2bと3段目のDSF1cの間に波長選択素子3を配置し、信号出力部5の直前にも光増幅器8'を配置して構成されている。この変換器A<sub>5</sub>の場合には、DSF1aからSMF2bまでの光伝送路でパルス幅が圧縮され、波長スペクトルも広帯域に広がっている光パルスから、所望する波長域のスペクトル成分を波長選択素子3で選択し、その光パルスを、更にDSF1cとSMF2cでパルス幅を圧縮して波長スペクトルを広げたのち、光増幅器8'で増幅して高光出力パワーの光パルスにすることができる。

【0044】次に、本発明の光パルス光源を説明する。まず、その光パルス光源の1例を図30に示す。この光パルス光源は、図22で示した変換器A<sub>1</sub>の入力信号部4に、周期的に強度変調された光パルスを発生する変調信号光源11を接続して構成されている。その場合の変調信号を発生させる方法としては、例えば光源としてレーザ素子を用い、光源の駆動電流に変調をかける直接変調方式、外部強度変調器を用いる方式、または、波長が異なる2つの光源からの光パルスを合波し、波長間のビートにより変調を発生させる方式などをあげることができる。

【0045】このようにして発生した変調光パルスは、変換器A<sub>1</sub>によって、パルス波形が整形され、目的とする波長スペクトルと時間幅を有する光パルスに変換される。以上の実施態様において、分散媒体としては上記した光ファイバ媒体に限定されるものではなく、例えばフォトニッククリスタルであってもよい。また非線形媒体としてはシリカベースの光ファイバに限定されるものではなく、高い非線形性を有する光導波路や非線形光学結晶、カルコゲナイドファイバのようなフォトニッククリスタル材料であってもよい。これらは、非線形効果を発揮すると同時に分散効果も発揮する。更に、波長選択素子としては、バンドパスフィルタの外に、周期的な構造を有するファブリ・ペロー干渉器を使用することが可能である。

【0046】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明の光パルス波形変換器は、伝送信号である光パルスのパルス波形の整形、パルス幅の圧縮、そして波長スペクトルの変換を同時に実現することができる。したがって、高速大容量光通信システムを構築するに際して、そのシステムに組み込んで極めて大きな工業的価値が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光パルス波形変換器の基本構成例A<sub>1</sub>を示す模式図である。

【図2】入力光パルスの時間波形図である。

【図3】入力光パルスの波長スペクトル図である。

【図4】非線形媒体と分散媒体を透過したのちの光パルスの時間波形図である。

【図5】非線形媒体と分散媒体を透過したのちの光パルスの波長スペクトル図である。

【図6】波長選択素子で選択された光パルスの時間波形図である。

【図7】波長選択素子で選択された光パルスの波長スペクトル図である。

【図8】本発明の光パルス変換器例A<sub>1</sub>の構成を示す模式図である。

【図9】本発明の光パルス変換器例A<sub>2</sub>の構成を示す模式図である。

【図10】本発明の光パルス変換器例A<sub>3</sub>の構成を示す模式図である。

【図11】光パルス変換器A<sub>3</sub>で採用する光伝送路の挙動を説明するための説明図である。

【図12】図11の光伝送路への入力光パルスの時間波形図である。

【図13】図11の光伝送路への入力光パルスの波長スペクトル図である。

【図14】図11の光ファイバ1aを透過後の光パルスの時間波形図である。

【図15】図11の光ファイバ1aを透過後の光パルスの波長スペクトル図である。

【図16】図11の光ファイバ2aを透過後の光パルスの時間波形図である。

【図17】図11の光ファイバ2aを透過後の光パルスの波長スペクトル図である。

【図18】図11の光ファイバ1bを透過後の光パルスの時間波形図である。

【図19】図11の光ファイバ1bを透過後の光パルスの波長スペクトル図である。

【図20】図11の光ファイバ2bを透過後の光パルスの時間波形図である。

【図21】図11の光ファイバ2bを透過後の光パルスの波長スペクトル図である。

【図22】本発明の光パルス変換器例A<sub>1</sub>の構成を示す模式図である。

【図23】図22の非線形媒体入力部9に入力する光パルスの自己相関波形図である。

【図24】図22の非線形媒体入力部9に入力する光パルスの波長スペクトル図である。

【図25】図11の分散媒体出力部10から出力する光パルスの自己相関波形図である。

【図26】図11の分散媒体出力部10から出力する光パルスの波長スペクトル図である。

【図27】図11の波長選択素子3で選択された光パルスの自己相関波形図である。

【図28】図11の波長選択素子3で選択された光パルスの波長スペクトル図である。

【図29】本発明の光パルス変換器例A<sub>5</sub>の構成を示す模式図である。

【図 30】 本発明の光パルス光源例を示す模式図である。

【符号の説明】

- 1 非線形媒体  
2 分散媒体  
3 波長選択素子  
4 信号入力部  
5 信号出力部  
6 チャープドファイバグレーティング

\* 7 光サーキュレータ

8 光増幅器

9 非線形媒体入力部

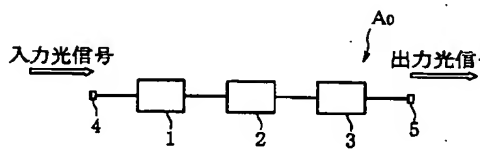
10 分散媒体出力部

11 変調信号光源

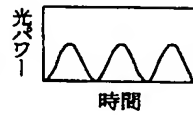
1A, 1a, 1b, 1c 1550nm帯域ゼロ分散シフトファイバ

2A, 2a, 2b, 2c 1300nm帯域ゼロ分散シフトファイバ

【図 1】



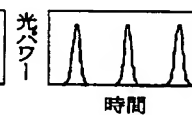
【図 2】



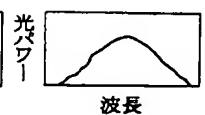
【図 3】



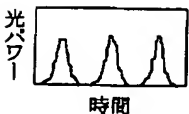
【図 4】



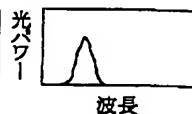
【図 5】



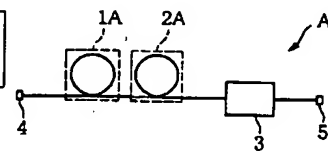
【図 6】



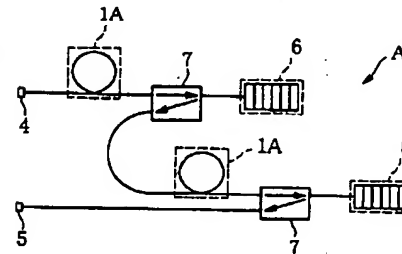
【図 7】



【図 8】



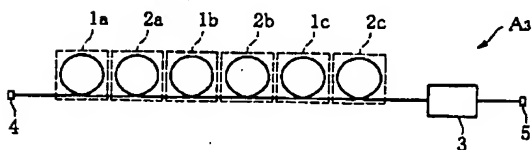
【図 9】



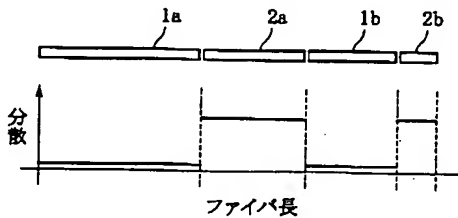
【図 10】



【図 10】



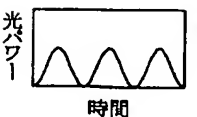
【図 11】



【図 13】



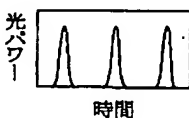
【図 14】



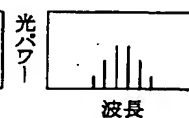
【図 15】



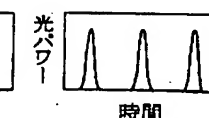
【図 16】



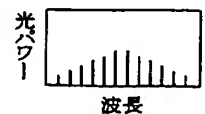
【図 17】



【図 18】



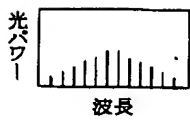
【図 19】



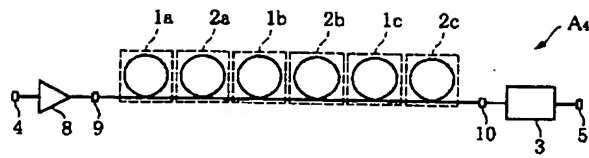
【図 20】



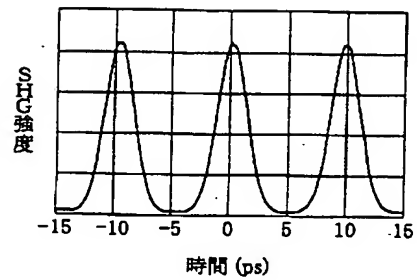
【図 21】



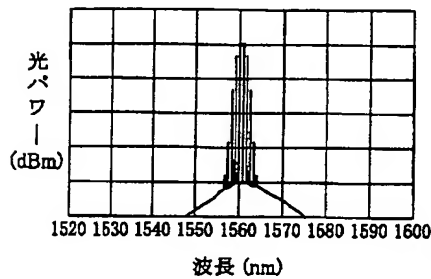
【図 22】



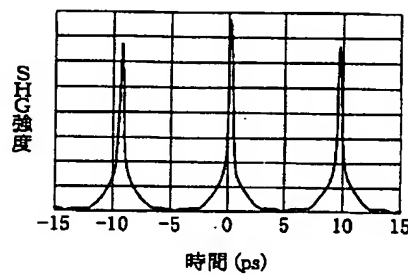
【図 23】



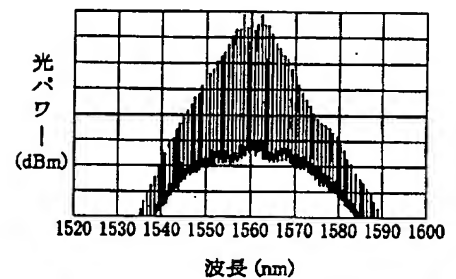
【図 24】



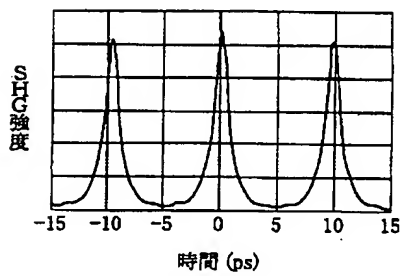
【図 25】



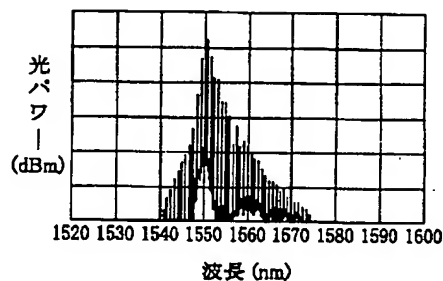
【図 26】



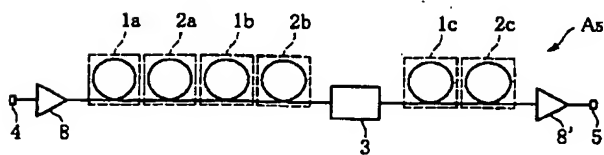
【図 27】



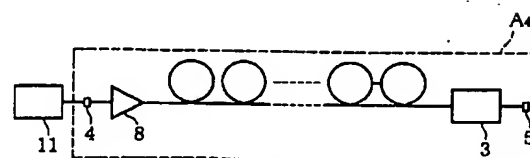
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(72)発明者 坂野 操  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

Fターム(参考) 2K002 AA02 AB33 DA10 HA25 HA26  
HA31  
5K002 BA03 CA01 CA03 CA13 FA01